

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3628264 A1

⑤① Int. Cl. 4:  
C21D 1/18

②① Aktenzeichen: P 36 28 264.2  
②② Anmeldetag: 20. 8. 86  
④③ Offenlegungstag: 25. 2. 88

Behördenamt

DE 3628264 A1

⑦① Anmelder:

MAN Nutzfahrzeuge GmbH, 8000 München, DE

⑦② Erfinder:

Müller, Hans, Dipl.-Ing., 8524 Dormitz, DE; Albert,  
Max, Dr.-Ing., 8500 Nürnberg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-PS 9 33 206  
DE-PS 9 01 391  
DE-PS 5 21 732

DE-Z: steel research 57, 1986, No.5, S.226-234;

DE-Z: Stahl u. Eisen 105, 1985, Nr.13, S.19-26;

DD-Z: Neue Hütte, 31.Jg., H.1, S.24-28;

US-Z: Metal Progress, Dez. 1985, S.17-23;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus Stahl mit hoher Festigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit, welche diese Eigenschaften auch nach einer Warmverformung aufweisen

Erfindungsgemäß wird für Bauteile auf Stahlbasis, die einer Warmverformung unterzogen werden, ein Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,3 Gewichtsprozent verwendet und durch geregeltes Abkühlen ein überwiegend unteres bainitisches Gefüge erzielt. Ein Verfahren dieser Art hat den Vorteil, daß Bauteile, wie z. B. Achsschenkel von Lkw, die bei Temperaturen bis zu ca. 1300°C geschmiedet werden, nach dem Abkühlen nicht mehr einem Anlaßvorgang unterzogen werden müssen, um neben hoher Festigkeit auch noch eine gute Zähigkeit aufzuweisen.

DE 3628264 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus Stahl mit hoher Festigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit, welche diese Eigenschaften auch nach einer Warmverformung aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) der Stahl einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,3 Gewichtsprozenten aufweist und
- b) daß die Abkühlungsgeschwindigkeit so gesteuert wird, daß überwiegend unteres bainitisches Gefüge entsteht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Mikrolegierungselemente karbid- und/oder nitrid- und/oder karbonitridbildender Art, wie beispielsweise Nb, zugegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefüge einer thermomechanischen Behandlung unterworfen wird, beispielsweise Schmieden oder Walzen bei entsprechend niedrigen Temperaturen.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bainitbildende Elemente, wie beispielsweise Mn, B und Mo, zugegeben werden.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Vorsprünge oder dünnwandige Bereiche an der Außenseite oder im Inneren eines Werkstückes vor dem Abschrecken mit einer wärmeisolierenden Schutzhülle verkleidet werden.

6. Verfahren nach den Merkmalen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Vorsprünge oder dünnwandige Bereiche an der Außenseite oder im Inneren eines Werkstückes vor dem Abschrecken mittels eines gezielt auf diese Partien gerichteten Sprühnebels eines Abkühlungsmediums einer gesteuerten Abkühlung unterworfen werden.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Vorsprünge oder dünnwandige Bereiche an der Außenseite oder im Inneren eines Werkstückes durch Formstücke abgedeckt und danach weitgehend nur die relevanten Bereiche des Werkstückes durch den Strahl eines Abkühlungsmediums für eine gesteuerte Abkühlung beaufschlagt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Formstücke bei Erreichen eines Temperatenausgleiches zwischen den dünnwandigen und dickwandigen Bereichen des Werkstückes, spätestens jedoch vor Unterschreiten der Umwandlungstemperatur ( $A_{r3}$ ) des Stahles abgenommen und ebenfalls direkt vom Strahl des Abkühlungsmediums beaufschlagt werden.

## Beschreibung

Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus Stahl mit hoher Festigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit, welche diese Eigenschaften auch nach einer Warmverformung aufweisen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Bauteile aus Stahl mit hoher Festigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit, welche diese Eigenschaften auch nach einer Warmverformung aufweisen.

Stähle haben die Eigenschaft, daß sie nach einer Warmbehandlung zwar hohe Festigkeit, aber eine unzureichende Zähigkeit aufweisen, wenn sie nicht mit ent-

sprechend hoher Temperatur angelassen werden. Für viele Bauteile wie z. B. die Achsschenkel von Lastkraftwagen ist es wünschenswert, daß sich hohe Festigkeit mit ausreichender Zähigkeit des Werkstoffes paart.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Bauteile auf Stahlbasis zu fertigen, bei denen nach einer Warmverformung oberhalb der Umwandlungstemperatur ohne besondere Anlaß-Nachbehandlung der Werkstoff neben hoher Festigkeit eine gute Zähigkeit aufweist. Diese Eigenschaften sollen gemäß der gestellten Aufgabe auch nach einer vorherigen Abkühlung und Wiederaufheizung oder nur nach einer Aufheizung oberhalb der Umwandlungstemperatur eines Bauteiles erreicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

- a) der Stahl einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,3 Gewichtsprozenten aufweist und
- b) daß die Abkühlungsgeschwindigkeit so gesteuert wird, daß überwiegend unteres bainitisches Gefüge entsteht.

Ein Verfahren dieser Art beinhaltet den Vorteil, daß Bauteile, wie z. B. die Achsschenkel von Lastkraftwagen trotz Schmiedearbeiten bei Temperaturen bis zu ca. 1300°C (Warmverformung) auch ohne nachgeschaltete spezielle Wärmebehandlung wie z. B. Anlaßglühen ein überwiegend unteres bainitisches Gefüge aufweisen, bei dem sich zu hoher Festigkeit eine gute Zähigkeit gesellt.

Bei der Herstellung von Bauteilen mit den eingangs gewünschten Eigenschaften geht man erfindungsgemäß von einem Stahl mit einem Kohlenstoffanteil von weniger als 0,3 Gewichtsprozenten aus.

Dabei muß die Abkühlungsgeschwindigkeit so gesteuert werden, daß überwiegend unteres bainitisches Gefüge erzielt wird. Das gewünschte Abkühlungsverfahren hängt dann im wesentlichen von den geometrischen Abmessungen des Bauteiles ab. Bekannte Verfahren wie Abkühlung bei ruhiger Luft, bewegter Luft, Sprühnebel eines Kühlmittels, Ölbad, Salzbad, Wirbelschichtkühlung, Wasser mit Zusätzen von Salz oder Lauge, um nur einige Beispiele zu nennen, können dafür Anwendung finden.

Im Gegensatz zur konventionellen Zwischenstufenvergütung (Erzielung des bainitischen Gefüges), bei der bis zu einer bestimmten Temperatur, welche oberhalb der Martensitbildungstemperatur liegt, abgeschreckt (abgekühlt) wird und dann isotherm solange gehalten wird, bis der Austenit in Bainit umgewandelt ist, wird bei diesem Verfahren kontinuierlich in die Zwischenstufe abgekühlt.

Um die feinstrukturierte Gefügeausbildung des Bainits weiter zu verbessern, können Mikrolegierungselemente wie z. B. Nb und/oder auch Ti, Zr oder V aber auch Al (letzteres jedoch nur in Verbindung mit einem der vorgenannten Elemente) zulegiert werden. Diese Legierungselemente haben zur Folge, daß durch Karbid, Nitrid oder Karbonitridbildung bei Warmverformung eines derartigen Bauteiles trotz Arbeitstemperaturen bis zu ca. 1300°C ein Kornwachstum mit all seinen bekannten negativen Auswirkungen in Grenzen gehalten wird, bzw. Direktkristallisation sowie die Kornvergrößerung nach der Warmverformung unterdrückt bzw. vergrößert wird.

Ein besonders feinkörniges Gefüge ergibt sich, wenn das Gefüge bei entsprechend niedrigen Temperaturen einer thermomechanischen Behandlung unterworfen

wird, wie beispielsweise Schmieden oder Walzen.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung können bainitbildende Elemente wie beispielsweise Mn, B und Mo zugegeben werden. Dadurch wird bei entsprechender Steuerung der Abkühlungsgeschwindigkeit Martensit-, obere Bainit- und Ferrit/Perlitbildung, die sich negativ auf die Zähigkeitseigenschaften bzw. Festigkeitseigenschaften auswirken, zurückgedrängt.

Da ein Bauteil mit unterschiedlichen Querschnitten bei der Abkühlung in den dünneren Querschnittsbereichen schneller und in den direkten Querschnittsbereichen langsamer abkühlt, muß die Abkühlungsgeschwindigkeit in den einzelnen Bereichen ganz gezielt gesteuert werden. Dies geschieht durch spezielle Abschreckvorrichtungen, die die Abschreckgeschwindigkeit an den dünneren Querschnitten entweder verlangsamt oder an den dickeren Querschnitten beschleunigt. Auch können die dünneren Querschnitte in einem getrennten Abkühlvorgang vor den dickeren Querschnitten entweder in das bainitische Gefüge abgeschreckt oder in ein Ferrit/Perlitgefüge (wenn keine hohe Beanspruchung gefordert wird) abgekühlt werden, bevor der dickere Bauteilquerschnitt so weit abgekühlt wird, daß dieser nicht mehr austenitisch ist.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht somit darin, daß sich beispielsweise nur in den Randzonen der Werkstücke, die hochbelastet sind, ein bainitisches Gefüge einstellen läßt. Dadurch lassen sich unterschiedliche Festigkeitswerte (je nach den Anforderungen) an den einzelnen Bauteilabschnitten einstellen.

Vorsprünge oder dünnwandige Bereiche an der Außenseite oder auch im Inneren eines Werkstückes können auf verschiedene Weise entsprechend den Merkmalen der Ansprüche 5 bis 8 behandelt werden. Einmal können diese Partien vor dem Abschrecken mit einer wärmeisolierenden Schutzhülle verkleidet werden, oder es werden diese Partien vor dem Abschrecken einer gesteuerten Abkühlung unterworfen (beispielsweise mittels eines gezielt auf diese Partien gerichteten Sprühnebels eines Abkühlungsmediums). Dabei werden diese Partien unterschiedlich gesteuert bis unter die Umwandlungstemperatur abgekühlt, so daß nach dem Einwerfen ins Bad an diesen Stellen keine Härtung stattfindet. Auch können die genannten Vorsprünge oder Bereiche zunächst durch Formstücke abgedeckt und danach nur die relevanten Bereiche des Werkstückes durch den Strahl eines Abkühlungsmediums zur gesteuerten Abkühlung beaufschlagt werden. In weiterer Ausbildung dieses Erfindungsgedankens wird schließlich vorgeschlagen, daß die Formstücke bei Erreichen eines Temperatúrausgleiches zwischen den dünnwandigen und dickwandigen Bereichen des Werkstückes, spätestens jedoch vor Unterschreiten der Umwandlungstemperatur des Stahles abgenommen und ebenfalls direkt vom Stahl des Abkühlungsmediums beaufschlagt werden.

Mit einem Stahl gemäß dem Patentanspruch, 15 CrMo 5, konnten beispielsweise an einem Rundmaterial von 70 mm Durchmesser in einem Abstand von  $\frac{1}{4}$  des Radius von außen gemessen, Werte nachgewiesen werden, die die Mindestwerte eines Stahles 42 CrMo 4 nach DIN 17 200 mit  $R_m = 1139 \text{ N mm}^{-2}$ ,  $R_p 0,2 = 964 \text{ N mm}^{-2}$  und  $A_v = 54 \text{ J}$  übersteigen.  $R_m$  bedeutet dabei die Zugfestigkeit,  $R_p$  die 0,2%-Dehngrenze und  $A_v$  die Kerbschlagarbeit.